

# Respuesta a la salinidad de diferentes patrones de caqui

**Francisco Gil-Muñoz, M<sup>a</sup> Ángeles Forner, María L. Badenes y M<sup>a</sup> del Mar Naval** (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), Moncada, Valencia, España).

**Pedro Maranhã Peche** (Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil).

**M<sup>a</sup> del Mar Naval** (Cooperativa Agrícola Nuestra Señora del Oroto (CANSO), l'Alcúdia, Valencia, España).

El exceso de sales en suelos y aguas tiene un efecto perjudicial en el desarrollo y/o la producción de las plantas. Recientemente se ha observado una acumulación de sales a niveles excesivos en suelos de zonas productoras de caqui, lo cual puede llegar a ser un problema a corto plazo. Además, el patrón más utilizado para caqui en esta área es *Diospyros lotus*, que es sensible a la salinidad. En este contexto, el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) ha iniciado un programa de obtención de patrones de caqui tolerantes a la salinidad para su posterior propagación clonal. Los estudios realizados han tenido como objetivo evaluar la influencia de diferentes concentraciones salinas sobre las tres especies de *Diospyros* que se pueden utilizar como patrones, *D. lotus*, *D. virginiana* y *D. kaki*. Las plantas con bajo contenido en Cl<sup>-</sup> y Na<sup>+</sup> después de los tratamientos pueden ser futuros patrones de caqui tolerantes a la salinidad.

## Descripción del problema

En la actualidad, los problemas de salinidad se están extendiendo a zonas originalmente no salinas debido al déficit y baja calidad del agua de riego, abonados inadecuados y climas con déficit estacional de humedad. Se calcula que la salinidad afecta aproximadamente a un tercio de los suelos agrícolas. Cultivos sobre suelos salinos o regados con aguas salinas muestran una disminución en el desarrollo y la producción. Con el fin de poder seguir utilizando estos suelos para agricultura, diferentes medidas se pueden poner en marcha, como por ejemplo mejorar el drenaje del suelo para facilitar la lixiviación de las sales, mejorar los métodos de irrigación y utilizar especies tolerantes (Forner-Giner y Ancillo, 2013).

El incremento de la superficie de cultivo de caqui en la Comunidad Valenciana está comprometido por la creciente salinización de suelo y agua. En nuestras condiciones, dos especies se utilizan como patrones: *Diospyros lotus* y *D. virginiana*. Por su parte, *D. kaki*, la especie más utilizada en el resto de zonas productoras del mundo, no puede utilizarse con éxito como patrón en los países mediterráneos debido a los



**Figura 1. Síntomas de salinidad en caqui. Clorosis y lesiones necróticas en hojas.**

altos contenidos de caliza en sus suelos. *D. lotus* es el patrón más utilizado en España porque es tolerante a suelos calizos, pero es muy sensible a la salinidad. *D. virginiana* es más tolerante a salinidad y se adapta bien a suelos calizos, pero confiere demasiado vigor a la planta lo que dificulta

el manejo del cultivo (de Paz y col., 2016).

Los patrones clonales son aquellos patrones que mantienen las características de la planta de partida de forma homogénea. Actualmente, patrones clonales de especies de caqui no se utilizan debido a que son difíciles de propagar. La



alternativa es utilizar patrones obtenidos de semilla que vienen de reproducción sexual y son variables genéticamente, lo cual provoca una elevada heterogeneidad. La búsqueda de patrones clonales adaptados a las condiciones de cultivo y con fácil propagación sería muy beneficiosa para el cultivo. Hay pocos protocolos de propagación disponibles para caqui y que puedan ser utilizados para propagar a gran escala genotipos seleccionados a partir de programas de mejora (Giordani y col., 2013).

Para abordar este tema, búsqueda de patrones tolerantes a salinidad y propagación clonal de los mismos, el IVIA puso en marcha un programa de mejora. En este contexto, se está evaluando la tolerancia a salinidad de plántulas de tres especies de *Diospyros*: *D. lotus*, *D. virginiana* y *D. kaki*.

## Respuesta al estrés salino

En condiciones de campo, los primeros síntomas de salinidad en caqui aparecen en las puntas de las hojas más viejas. Estas hojas se muestran en un primer momento cloróticas pero pronto se observan lesiones necróticas en las puntas (Figura 1). Los árboles bajo condiciones de salinidad muestran una senescencia foliar precoz, maduración temprana de la fruta y pérdida de producción (de Paz y col. 2016).

En el IVIA se llevó a cabo un ensayo de tolerancia a salinidad bajo condiciones de invernadero, en el que se trataron plántulas de las tres especies de *Diospyros*, *D. lotus*, *D. virginiana* y *D. kaki*, con distintas concentraciones de NaCl durante 60 días, y se observó que la severidad de los síntomas y el número de plantas afectadas aumentaba a medida que avanzaban los tratamientos de sal. La especie que mostró más síntomas tras los tratamientos salinos fue *D. kaki* y la que menos *D. virginiana*, que en ningún caso mostró síntomas severos (Figura 2). *D. kaki* y *D. lotus* presentaban un elevado incremento del contenido de cloruros en hoja con tratamientos altos de NaCl. Tras 45 días de tratamiento salino, las tres especies redujeron el crecimiento y la longitud de los entrenudos comparado con los controles (Figura 3). El contenido de agua en las hojas disminuyó en *D. kaki* y *D. virginiana* bajo condiciones de salinidad, sin embargo, en *D. lotus* aumentó. El contenido en clorofilas medido indirectamente como SPAD solo decreció en *D. lotus* a medida que aumentaba la concentración de NaCl. Respecto a la conductancia estomática,

únicamente disminuyó en plantas tratadas de *D. kaki* comparado con las plantas control.

Las plantas de *D. lotus* y *D. kaki* seleccionadas por baja acumulación de cloruros en hojas mostraron contenidos moderados de sodio en las mismas, con marcadas diferencias entre individuos (Figura 4). Por su parte, las plantas seleccionadas de *D. virginiana* presentaron bajo contenido en sodio y baja dispersión entre individuos. La relación  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  fue mayor en las plantas *D. lotus* y *D. kaki* que en las *D. virginiana*. Algunas plantas *D. virginiana* mostraron valores  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  similares a los controles.

## Particularidades de las distintas especies

Las diferencias en absorción de cloruros observadas entre las tres especies son similares a las descritas con anterioridad por de Paz y col. (2016) en plantas injertadas bajo condiciones de campo. En ambos experimentos, *D. lotus* ha demostrado ser propenso a la absorción de  $\text{Cl}^-$ , mientras *D. virginiana* muestra menos absorción del mismo. Esto indica que *D. virginiana* podría tener un mecanismo de exclusión de sal ausente en *D. lotus* (de Paz y col., 2016). Diferencias en absorción de cloruros entre plántulas de la misma especie ha sido con anterioridad descrito también bajo condiciones de campo, lo cual indica que existen diferencias en la regulación genética de la tolerancia a la salinidad (de Paz y col., 2016).

La reducción del crecimiento observada en condiciones salinas es similar en las tres especies, por lo tanto es independiente de la absorción de cloruros. Muñiz y Tester (2008) describen tres mecanismos independientes de tolerancia a la salinidad: tolerancia al estrés osmótico, exclusión y tolerancia a  $\text{Na}^+$  o  $\text{Cl}^-$  y acumulación de  $\text{Cl}^-$  en los tejidos. El estrés osmótico está descrito como el principal factor de reducción del crecimiento de la planta. Además, *D. kaki* muestra una reducción de la conductancia estomática en plantas tratadas con sal, que indica que existe un mecanismo de regulación hídrico contra el estrés osmótico (Muñiz



Figura 2. Síntomas de salinidad en plantas de *Diospyros kaki*. Plantas tratadas con NaCl (izq.) y plantas control (der.)



Figura 3. Planta de *Diospyros lotus* tras 45 d. de tratamiento con NaCl (izq.) y planta control (der.).



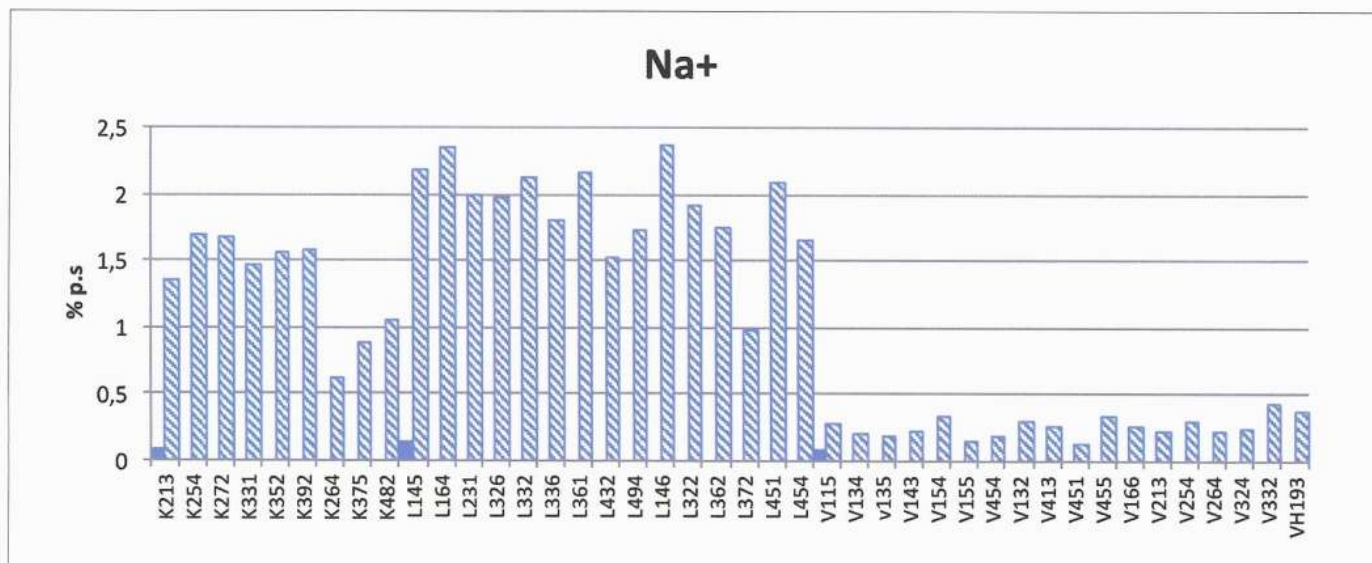


Figura 4. Contenido de  $\text{Na}^+$  en materia seca de hoja en condiciones de salinidad por  $\text{NaCl}$ .

y Tester, 2008). *D. kaki* y *D. virginiana* muestran menor contenido en agua en hojas de plantas tratadas con sal, lo cual podría ser resultado de la exposición al estrés osmótico (Muñiz y Tester, 2008). Por otro lado, el contenido de agua aumenta en hojas de plantas de *D. lotus* tratadas, lo cual indica que el mecanismo de respuesta a la salinidad es diferente al de las otras dos especies. En algunas especies, se ha observado que un incremento progresivo de la concentración de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  en hojas es cuantitativamente compensado por un incremento similar del contenido de agua en las hojas con el fin de reducir la concentración de iones (Jennings, 1976; Suárez y Sobrado, 2000).

Elevadas cantidades de  $\text{Na}^+$  en suelo o agua reduce la absorción de  $\text{Ca}^{2+}$  por la planta y da como resultado menores concentraciones de  $\text{Ca}^{2+}$  en las

hojas (Forner y Ancillo, 2013). Las bajas cantidades de  $\text{Na}^+$  y baja relación  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  observadas en todas las plantas *D. virginiana* indica que esta población podría tener en raíces una fuerte permeabilidad selectiva. Este ratio podría ser utilizado como criterio de selección secundario en programas de mejora de tolerancia a salinidad

## Conclusiones

Los trabajos desarrollados hasta el momento en el IVIA aportan distintas respuestas a condiciones de salinidad en las tres especies de *Diospyros* utilizadas como patrones, *D. lotus*, *D. virginiana* y *D. kaki*. La información será utilizada para futuras selecciones llevadas a cabo dentro del programa de mejora.

En paralelo se continúa trabajando en la puesta a punto de un protocolo de obtención de patrones clonales, con el objetivo de conseguir plantaciones con árboles genéticamente homogéneos que permitirán obtener mejores producciones, así como una mayor efectividad en poda, fertirrigación, aplicación de fitosanitarios y cosecha.

**Agradecimientos:** Este trabajo ha sido financiado por proyectos de investigación de la Generalitat Valenciana; a través de su Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural.

## BIBLIOGRAFÍA

- de Paz JM, Visconti F, Tudela L, Quiñones A, Intrigliolo DS, Jordà M, Bonet L (2016) La fitotoxicidad por cloruro en el cultivo de caqui: descripción del problema. *Agrícola Vergel* 391:1-5
- Forner-Giner MA, Ancillo G (2013) Breeding salinity tolerance in citrus using rootstocks. En: Ahmad y col. (eds). *Salt stress in plants: signalling, omics and adaptations*, pp. 355-376. doi:10.1007/978-1-4614-6108-1\_14
- Giordani E, Naval MM, Benelli C (2013) In vitro propagation of persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.). En: Lambardi y col. (eds). *Protocols for micropropagation of selected economically-important horticultural plants*, vol. 994, pp. 89-98. doi:10.1007/978-1-62703-074-8\_7
- Jennings DH (1976) The effects of sodium chloride on higher plants. *Biol. Rev.* 51:453-458
- Munns R, Tester M (2008) Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59:651-681
- Suárez N, Sobrado MA (2000) Adjustments in leaf water relations of mangrove (*Avicennia germinans*) seedlings grown in a salinity gradient. *Tree Physiol.* 20:277-282